动 物 学 研 究 1994, 15 (2): 1—9 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

云南抚仙湖鱼类的若干生物学特性及其对湖泊环境的适应*

杨 君 兴
(中国科学院昆明动物研究所 650223)

摘要 作者于1988年11月至1989年11月逐月取样研究了抚仙湖鱼类的生物学特性。在此基础上，本文尝试从生物与环境相统一的观点出发，结合湖泊环境的演变历史、进一步探讨了其生物学特性对湖泊环境的适应。研究结果表明，抚仙湖鱼类具有一系列共同的生物学特性。依其性质可把这些生物学特性区分为原始性状或特化性状。原始性状提示了抚仙湖现生鱼类主要是源自该湖所属的江河鱼类区系。特化性状则是鱼类在长期的进化过程中适应相同湖泊环境的具体表达。随着湖泊的由浅变深和贫营养化，先后由江河溪流进入抚仙湖的鱼类逐渐分化为沿岸浅水区生活类型、敞水区中上层生活类型和敞水区中下层生活类型；种间的食性出现多种多样的分化；鱼类的体型普遍较细长，滤食性种类的生长速度较慢、体型较小；每年的繁殖期较长，而且每两个产卵群体之间的产卵时间间隔有明显的规律性；个体繁殖力较低；种群的性比较悬殊，雌性较多。尤其值得注意的是，上述适应性状的特化程度依种而异，呈现明显的种间差异。这种差异在一定程度上进一步表明了各种鱼类进入抚仙湖的时间是各不相同的。正是上述综合分化的结果才形成了目前抚仙湖鱼类的多样性。诸种鱼类各得其所、各就其位，保持一种相对稳定而复杂的网络关系。

关键词 抚仙湖，鱼类，生物学特性，适应

抚仙湖位于云南中部的澄江盆地中 (102°47′—102°57′E, 24°17′—24°37′N)，是我国第二深水湖泊，目前最大水深 151 m，平均水深 87 m。该湖形成于上新世末期 (3.0—3.4万年)，属断裂陷落型湖泊；湖泊形成后，湖盆演化的总体过程是由浅变深，营养类型也相应地由富营养型变为贫营养型、大致可划分为3个阶段：浅湖期 (上新世末期)、大湖期 (全新世早期)、深湖期(全新世中期以后)(黎尚豪等，1963；杨留法，1984；中国科学院南京地理与湖泊研究所等，1989)。湖泊环境的这一独特演变历史必然对生活于其中的各种鱼类的演化产生深刻影响，并通过鱼类的生物学特性得以表达出来。

抚仙湖鱼类区系具有种类贫乏、特有种较多的特点，是云南高原湖泊鱼类区系的典型代表。以往对抚仙湖鱼类的研究或侧重于鱼类分类工作 (Regan, 1904, 1907, 1908; Tchang, 1935, 1936; Fang, 1936; 伍献文等，1964, 1977；王幼槐等，1982；黄顺友，1989；褚新洛等，1989, 1990; Yang 等，1990; Yang, 1991)；或探讨区系的组

---

* 国家自然科学基金和云南省应用基础研究基金资助项目的内容
本文1993年6月10日收到，同年7月21日修回

成、起源等（黎尚豪等，1963；李树深，1982；褚新洛，1987），而对鱼类的生物学特性及其对湖泊环境的适应论述甚少。本文依据一年的野外调查资料，拟从空间分布、食性、年龄和生长、体型、繁殖等5个方面对抚仙湖鱼类共同的生物学特性作一初步归纳，并从生物与环境相统一的观点出发，结合湖泊环境的演变历史，对这些生物学特性的适应意义作初步探讨。由于时间紧、工作量大、且能力有限，所以有许多细节问题尚待进一步研究。

经鉴定，目前抚仙湖共有原产的土著鱼类23种和亚种，其中仅分布于抚仙湖的特有鱼类10种。它们的生物学既有共性又有各自的特性。为简明起见，本文仅侧重于探讨抚仙湖各种鱼类共同的或部分种类共有的生物学特性，而各种鱼类的详细生物学资料拟另文报道。

1 材料和方法

材料是作者自1988年11月至1989年11月间定期于抚仙湖收集的。逐月的调查时间一般在每月的10—20日之间。采集的工具主要有刺网、底拖网、银鱼拖网和手抄网等。采集时对渔获物的种类、采集地点、栖息环境和水深等进行登记，并用常规的方法对鱼类的食性、年龄和生长、繁殖习性等进行观察和分析。在整个工作过程中，共采集鱼类标本3000余号，测量和分析近1000号标本。

2 结果和讨论

2.1 空间分布

湖泊环境从湖岸到湖心呈现出明显的差异，依其性质可划分为沿岸浅水区和敞水区，沿岸20 m深以内的区域视为沿岸浅水区，20 m深以外的远岸区则视为敞水区(Greenwood，1974)。鱼类在该湖中所占领的生活空间则称为空间分布(Living spaces)。一年中网具设置的位置、深度和渔获物的组成等资料(Yang，1991)表明，抚仙湖鱼类的空间分布可区分为3个类型：

2.1.1 沿岸浅水区生活类型　根据生命周期过程中是否改变生活空间，又可把这一类型进一步区分为永久性和暂时性沿岸浅水区生活类型。营永久性沿岸浅水区生活的鱼类有云南光唇鱼(*Acrossocheilus yunnanensis*)、云南倒刺鲃(*Spinibarbus denticulatus yunnanensis*)、抚仙小鲤(*Cyprinus micristius fuxianensis*)、小鳔长身鱊(*Acheilognathus elongatus microphysa*)、长须盘鮈(*Discogobio longibarbatus*)、多鳞盘鮈(*Discogobio polylepis*)、侧纹云南鳅(*Yunnanilus pleurotaenia*)、黑斑云南鳅(*Yunnanilus nigromaculatus*)、褚氏云南鳅(*Yunnanilus chui*)、抚仙高原鳅(*Triplophysa fuxianensis*)、中华青鳉(*Oryzias latipes sinensis*)等14种。它们的整个生命过程都是在沿岸20 m深以内的浅水区内渡过的。在抚仙湖中，仅部分种类的幼体营暂时性沿岸浅水区生活。这些种类的幼体生活于沿岸浅水区，而成体则转居于湖泊敞水区的中下层或敞水区的中上层。鱇鲏白鱼(*Anabarilius grahami*)、云南瓣结鱼(*Tor yunnanensis*)、常氏四须鲃(*Barbodes chonglingchungi*)和抚仙四须鲃(*Barbodes fuxianensis*)的幼体就属于这一类型。

2.1.2 敞水区中下层生活类型　属于这一空间分布类型的鱼类有云南瓣结鱼和常氏四须鲃等2种。前者为抚仙湖的偶见鱼类，后者为抚仙湖的常见鱼类。它们的成体集中分布于

敞水区中下层，即 20—50 m 深的水区；而幼体却生活于沿岸浅水区。

2.1.3 敞水区中上层生活类型 属于这一空间分布类型的鱼类有鱇鲸白鱼、花鲈鲤（*Percocypris pingi regani*）、抚仙四须鲃等 3 种。它们的成体集中分布于敞水区的中上层，而幼体则生活于沿岸浅水区。

从鱼类的种数来看，营沿岸浅水区生活的种类最多，达 14 种，占总种数的 60.9%。敞水区中下层和敞水区中上层的种数分别为 2 种和 3 种，占总种数的 8.7% 和 13.0%。另有少数种类如抚仙金线鲃（*Sinocyclocheilus grahami tingi*）、抚仙小鲤（*Cyprinus micristius fuxianensis*）、杞麓鲤（*Cyprinus carpio chilia*）和抚仙鲇（*Silurus grahami*）等 4 种鱼类，其空间分布范围较广，既出现于沿岸浅水区，也见于水深 20—45 m 的敞水区中下层。

上述 3 个空间分布类型的分化是明显的，但各分布类型之间的部分重叠也是必然的；例如鱇鲸白鱼是营敞水区中上层生活的，集中分布于敞水区水表下 25 m 深以内的区域，但少数个体也出现于水下 35—45 m 深的中层。一年的调查资料还表明，虽然抚仙湖鱼类成体的空间分化十分明显，然而其幼体的空间分布又是相同的，即各种鱼类的幼体均集中生活于沿岸浅水区；成体生活空间的分化则是随着个体的进一步发育而产生的。根据个体发育与性状进化的关系，幼体喜居湖泊沿岸浅水区的生活习性应属较原始的性状；鉴于沿岸浅水区的环境条件与山涧溪流相似，而且该湖多数鱼类的产卵场均位于有流水条件的浅滩和湖泊的进、出水口等处，因此，幼体喜居沿岸浅水区的生活习性从一个侧面反映了抚仙湖现生鱼类可能源自该湖所属的江河水系，而且其祖先主要是营溪流生活的鱼类。部分种类喜居敞水区中上层和敞水区中下层的习性则属特化性状。抚仙湖鱼类成体生活空间的分化是鱼类在长期的进化过程中适应湖泊环境的具体表现。随着湖泊由浅变深，环境条件与溪流相似的沿岸浅水区越来越小，最后仅限于沿岸极小的区域。先后由山涧溪流进入古抚仙湖的祖先鱼类只能暂居于沿岸浅水区，而敞水区的中上层和中下层则成了未被占领的生活空间。这些未被占领的生活空间为祖先鱼类的分化创造了条件（陈宜瑜等，1982）。另一方面，种类众多的鱼类聚居于沿岸浅水区必然导致种间在食物和生活空间上产生强烈的竞争。生存斗争的结果是一部分种类的祖先仍占据着沿岸浅水区，演化为目前的沿岸浅水区生活类型，另一部分种类的祖先则逐渐由沿岸浅水区迁居于敞水区的中下层或敞水区的中上层，分别演化成为目前的敞水区中下层生活类型和敞水区中上层生活类型（图 1）。

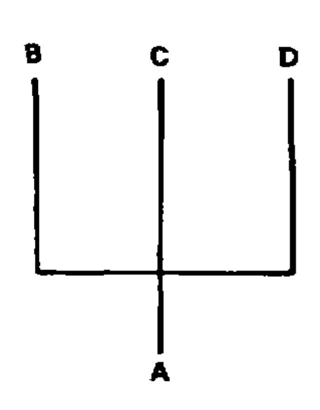


图 1 抚仙湖鱼类空间分布类型的分化

Fig. 1 Differentiation in living spaces of the fishes of Fuxian Lake

A: Hill-stream dwellers

B: Coastal dwellers

C: Offshore mid-upper dwellers

D: Offshore mid-lower dwellers

2.2 食性

抚仙湖是贫营养型湖泊，鱼类的饵料资源较贫乏。湖中浮游植物总数为 196000—278000 个／L，其中以硅藻和绿藻为主；浮游动物总

数为1425个／L，其中以桡足类和枝角类较多，轮虫次之（黎尚豪等，1963）。抚仙湖的水生维管束植物主要分布于湖南部的张营、隔河口两侧以及海口附近；主要种类有7种，苦草为优势种，其次是马来眼子菜等（李恒，1980；黎尚豪等，1963）。这些饵料资源是抚仙湖鱼类食性分化的基础。

解剖和食性分析的结果表明，抚仙湖各种鱼类的食性各不相同，即使有重叠，其主要食物是各不相同的。食性的分化是与生活空间的分化相一致的，具体表现在两个方面：1. 随着生活空间的转变而占领未被利用的食物；2. 生活空间相似的物种间出现食性分歧。

随着生活空间的转变而占领未被利用的食物是抚仙湖鱼类适应湖泊环境的具体表现之一。这一方面的代表种有鱇鲌白鱼、抚仙四须鲃等。它们同属于敞水区中上层生活的滤食性鱼类，主要滤食水中的枝角类和桡足类。而与其系统关系较近且较原始的同属种多数为营溪流生活的杂食性鱼类。同属种间的比较提示鱇鲌白鱼和抚仙四须鲃的滤食生活习性属次生的特化性状。

在抚仙湖鱼类中，生活空间相似的物种间存在着明显的食性分歧，例如云南倒刺鲃与云南光唇鱼、鱇鲌白鱼与抚仙四须鲃的食性分歧。云南倒刺鲃和云南光唇鱼均集中生活于沿岸浅水区的中下层，并且性成熟前的幼体主要以丝状藻类为食。成体的食性则产生了分化。前者的成体开始大量摄食水草，兼食丝状藻类，后者的成体则仍以丝状藻类为主食。鱇鲌白鱼和抚仙四须鲃均生活于敞水区的中上层，其食物为浮游动物，但它们的主食却呈现出明显的分化：前者以较小的浮游动物如矩形尖额溞(*Alona rectangula*) 等为主食，后者则以大型的浮游动物如金氏薄皮溞(*Leptodora kindti*) 等为主食。

2.3 年龄、生长和体型

抚仙湖鱼类在年龄和生长、体型上对湖泊环境的适应具体表现在两个方面：一是身体较细长；二是以浮游动物为主食的种类生长速度较慢、体型较小。

抚仙湖鱼类最突出的共同特点之一是：与各自的同属种相比，抚仙湖鱼类的体型普遍较细长，尤以敞水区中上层生活的鱇鲌白鱼和花鲈鲤最为显著。体型的这一共同特点可从鱇鲌白鱼、云南光唇鱼、小鳔长身鳊、抚仙小鲤的体长／体高、尾柄长／尾柄高等比值中反映出来（表1、2、3、4）。表3中小鳔长身鳊和短尾长身鳊的数值是符合上述规律的，仅长身鳊指名亚种略有例外，这可能是与其营滤食浮游动物的生活习性（Yang 等，1990）有关，这是应当加以说明的。

抚仙湖众多鱼类中，仅少数种为同属种，具有较密切的系统关系；但多数种隶属于不同的属、科，系统关系较疏远，而且生活空间和生活习性也各不相同，但其体型的共同特点是较细长。这显然是抚仙湖鱼类适应共同的湖泊环境而产生的特化性状，是趋同进化的结果；而且主导这种趋同进化的关键因素是湖盆的演变过程。抚仙湖自全新世中期以来不断变深，敞水区和垂直深度逐渐增加，而且湖泊趋向于贫营养化。这一环境演变过程使生活于其中的鱼类不管是觅食还是逃避凶猛鱼类都必须作更多更有效的加速游动或巡游。通常短而高的体型适于作机动灵活的游动，如生活于珊瑚礁或水草丛中的鱼类；较细长的体型则适于作加速游动或巡游（Webb，1984）。因此，抚仙湖鱼类较细长的体型是适应湖泊环境的总体演变方向而形成的，是趋同进化的结果。

表1 鱇鲌白鱼与同属种间若干可量性状的比较（依褚新洛等，1989）

Tab. 1 Comparison of some morphometric characters between *Anabarilius grahami* and related species

	鱇鲌白鱼 *A. grahami*	星云白鱼 *A. andersoni*	杞麓白鱼 *A. qiluensis*	银白鱼 *A. alburnops*
标本数	100	30	30	35
体长(mm)	102.0—156.0	130.0—229.0	106.0—134.0	139.0—276.0
分布	抚仙湖	星云湖	杞麓湖	滇池
体长／体高	5.2—6.8(6.1)	4.6—5.2(5.0)	5.0—6.0(5.5)	4.3—5.3(4.7)
尾柄长／尾柄高	2.6—3.5(2.9)	2.2—2.6(2.4)	2.0—2.5(2.2)	1.9—2.3(2.1)

表2 云南光唇鱼若干种群间可量性状的比较（依乐佩琦等，1964）

Tab. 2 Comparison of morphormetric characters between some geographic populations of *Acrossocheilus yunnanensis*

	抚仙湖种群	滇池种群	阳宗海种群
标本数	35	24	14
体长(mm)	125.0—160.0	230.0—280.0	100.0—160.0
分布	抚仙湖	滇池	阳宗海
体长／体高	3.6—5.0(4.3)	3.4—4.2(3.8)	3.6—4.4(4.0)
尾柄长／尾柄高	2.0—2.9(2.4)	1.8—2.2(1.9)	1.7—2.4(2.1)

表3 小鳔长身鱊与相近亚种间若干可量性状的比较

Tab. 3 Comparison of some morphormetric characters between *Acheilognathus elongatus microphysa* and related subspecies

	小鳔长身鱊 *A. e. microphysa*	短尾长身鱊 *A. e. brevicaudatus*	长身鱊指名亚种 *A. e. elongatus*
标本数	16	27	15
体长(mm)	39.0—62.4	60.0—82.0	49.7—68.0
分布	抚仙湖	阳宗海	滇池
体长／体高	3.0—3.5(3.2)	2.6—2.9(2.7)	2.8—3.4(3.1)
尾柄长／尾柄高	1.7—2.2(2.0)	1.5—2.1(1.6)	2.0—2.6(2.3)

表4 抚仙小鲤与相近分类单元若干可量性状的比较

Tab. 4 Comparison of some morphormetric characters between *Cyprinus micristius fuxianensis* and related taxa

	抚仙小鲤 *C. m. fuxianensis*	小鲤 *C. m. micristius*	异龙鲤* *C. yilongensis*
标本数	31	25	19
体长(mm)	71.0—274.0	73.0—153.0	84.0—117.0
分布	抚仙湖、星云湖	滇池	异龙湖
体长／体高	3.2—3.9(3.5)	3.0—3.6(3.2)	3.1—3.5(3.3)
尾柄长／尾柄高	1.6—1.9(1.7)	1.2—1.7(1.4)	1.6—1.7(1.6)

* 依伍献文等，1977

与邻近的星云湖和杞麓湖相比较，抚仙湖缺乏滤食性的大头鲤（*Cyprinus pellegrini*），仅有鱇鲌白鱼和抚仙四须鲃等体型较小的滤食性鱼类。与同属种间的比较表明，抚仙湖滤食性鱼类的生长速度较慢，体型较小，其中最典型的当推鱇鲌白鱼（表5）。抚仙湖滤食性

鱼类较慢的生长速度是在演化过程中适应抚仙湖由浅变深和贫营养化过程而产生的。湖泊的贫营养化主要表现在湖中的浮游生物单位体积的密度不断下降，使滤食性鱼类的食物减少。食物不足通常会使鱼类的生长速度变慢、体型变小（尼科里斯基，1982）。

表5 鱇鲵白鱼与同属种生长速度的比较

Tab. 5 Comparison of growth rates between *Anabarilius grahami* and congeneric species

	鱇鲵白鱼 *A. grahami*	星云白鱼 *A. andersoni*	银白鱼* *A. alburnops*	多鳞白鱼* *A. polylepis*
分布	抚仙湖	星云湖	滇池	滇池
L1 (mm)	57.6	88.8	124.6	138.2
L2	93.5	140.5	172.8	183.0
L3	125.4		210.8	228.0
L4	155.9		251.2	269.5

* 依褚新洛等，1981

2.4 繁殖

抚仙湖鱼类对湖泊环境的适应还表现在繁殖期、产卵场的特点、产卵行为、繁殖力和性比等方面。

抚仙湖多数鱼类在繁殖上的明显特点是每年的繁殖期较长，而且每两个产卵群体之间的产卵活动有一定的时间间隔。例如鱇鲵白鱼每年的产卵期为4—10月，产卵期长达7个月。亲缘关系较近的星云白鱼（*Anabarilius andersoni*）则在每年的5—9月产卵（褚新洛等，1989；杨君兴等，1987），产卵期只有5个月。鱇鲵白鱼产卵活动的另一特点是各个产卵群体到产卵场产卵的时间间隔有明显的规律性。通常每一个产卵群体的产卵活动约持续3天，停隔约7天后下一个产卵群体的产卵活动才开始。此即为渔民所说的"来三去七"。上述特点有如下适应意义：1. 抚仙湖的贫营养化，必然使鱼类幼苗赖以生存的轮虫和枝角类等浮游动物逐渐减少，显然，较长的繁殖季节和各个产卵群体的产卵时间相互错开既可保证幼苗有足够的食物，又可保持较大的种群；2. 充分利用有限的产卵场。亲鱼连续3天进入产卵场繁殖，此后随即离去，待受精卵相继孵化出鱼苗之后，下一个产卵群体才开始进入同一产卵场产卵。

野外观察的资料表明，抚仙湖各种鱼类产卵场的位置不尽相同，或在湖泊的进、出水口处，或在溶洞的出水口等。但多数种的产卵场却具有下述共同特点：底质主要为砾石或细砂，水呈流动状态。产卵场的底质和水流与溪流型鱼类的产卵场极为相似。由此可见，这一繁殖习性应属较原始的性状，而且进一步提示了抚仙湖现生鱼类主要源自该湖所属的江河鱼类区系。

个体繁殖力比较低是抚仙湖多数鱼类的另一共同特性。比较鱇鲵白鱼和星云白鱼的繁殖力即可证明这一点。前者生活于贫营养型的抚仙湖，其Ⅱ龄鱼的绝对繁殖力和相对繁殖力分别是2175—3840粒和210—275粒/g体重；后者生活于富营养型的星云湖，其Ⅱ龄鱼的绝对繁殖力和相对繁殖力分别是13971—15770粒和291—315粒/g体重。较低的个体繁殖力是受湖泊贫营养化的影响而产生的。营养不足通常会使鱼类的繁殖力降低（尼科里斯基，1982）。

抚仙湖鱼类的另一繁殖特性是多数种的雌、雄性比相当悬殊。逐月解剖大拖网渔获物的结果列于表 2。从表中可以看出，多数种的雌性明显多于雄性。这一性比特点还可从鲱鲌白鱼和滇池银白鱼 (*Anabarilius alburnops*)的比较中得以进一步印证。根据陈银瑞在 1963 年的实测资料，在解剖和验证性别的 181 尾银白鱼标本中，雌性 109 尾，雄性 72 尾，雌：雄 = 1.5：1。相比之下，鲱鲌白鱼种群中的雌性更多，雌：雄 = 4.1：1。较多的雌性可使种群保持较高的繁殖潜力。

表 6　抚仙湖若干种鱼的性比

Tab. 6　Sexual ratios of some fishes of Fuxian Lake

	鲱鲌白鱼 *A. grahami*	抚仙金线鲃 *S. g. tingi*	褚氏云南鳅 *Y. chui*	抚仙高原鳅 *T fuxianensis*
标本数(No.)	86	104	52	33
雌：雄(♀：♂)	4.1：1	4.2：1	3.3：1	5.6：1

致谢　本工作是在先师褚新洛研究员的悉心指导下完成的，承蒙陈宜瑜研究员审阅初稿并提出宝贵建议，陈银瑞先生和抚仙湖管理总站提供多方面的帮助，谨此致谢。

参　考　文　献

王幼槐，庄大栋，高礼存，1982. 云南抚仙湖鲃亚科鱼类三新种. 动物分类学报，7(2)：216—222.

乐佩琦等，1964. 滇东云南光唇鱼的种群变异及其一些生态资料. 水生生物学集刊，5(1)：16—26.

中国科学院南京地理与湖泊研究所等，1989. 云南断陷湖泊环境与沉积. 北京：科学出版社.

伍献文等，1964. 中国鲤科鱼类志(上卷). 上海：上海科学技术出版社.

伍献文等，1977. 中国鲤科鱼类志(下卷). 上海：上海人民出版社.

陈宜瑜，张卫，黄顺友，1982. 泸沽湖裂腹鱼类的物种形成. 动物学报，28(3)：217—225.

李恒，1980. 云南高原湖泊水生植被的研究. 云南植被研究，2(2)：113—141.

李树深，1982. 云南湖泊鱼类的区系及其类型的分化. 动物学报，28(2)：160—176.

杨留法，1984. 云南高原湖泊的成因类型及其分布规律的初步探讨. 海洋湖沼通报，(1)：34—39.

杨君兴，褚新洛，1987. 白鱼属鱼类的系统发育. 动物学研究，8(3)：261—276.

黄顺友，1989. 云南盘鮈属(*Discogobio*)鱼类四新种. 动物学研究，10(4)：335—361.

褚新洛，1987. 云南滇池、抚仙湖、洱海鱼类区系的起源和关系的分析. 高原生物学集刊，6(6)：79—84.

褚新洛等，1989. 云南鱼类志(上册). 北京：科学出版社.

褚新洛等，1990. 云南鱼类志(下册). 北京：科学出版社.

褚新洛，陈银瑞，1981. 云南滇池两种白鱼的分化. 海洋与湖沼论文集：166—171.

黎尚豪等，1963. 云南高原湖泊调查. 海洋与湖沼，5(2)：87—114.

尼科里斯基 Г. В. (黄宗强等译)，1982. 鱼类种群变动理论. 北京：农业出版社.

Fang P W, 1936. *Sinocyclocheilus tingi*, a new genus and species of Chinese barbid fishes from Yunnan. *Sinensia*, 7(5): 588-593.

Greenwood P H, 1974. Cichlid fishes of Lake Victoria, East Africa: the biology and evolution of a species flock. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. Zool.* Ser. Suppl., 6: 1-134.

Regan C T, 1904. On a collection of fishes made by Mr. John Graham at Yunnan Fu. *Ann. Mag nat. Hist.*, 13(7): 150-154

Regan C T, 1907 Descriptions of three new fishes from Yunnan Fu, collected by Mr. John Graham *Ann. Mag. nat. Hist.*, **19**(7): 63-64.

Regan C T, 1908 Descriptions of three new cyprinoid fishes from Yunnan, collected by Mr. John Graham. *Ann. Mag nat. Hist.*, 2(8): 356-357.

Tchang T L, 1935 Two new species of *Barbus* from Yunnan. *Bull. Fan meml. Inst Biol.*, **6**: 60-64.

Tchang T L, 1936 Notes on a new *Barbus* from Yunnan. *Bull. Fan. meml. Inst Biol.*, **7**: 63-64.

Yang J X *et al*, 1990. Subspecific differentiation of *Acheilognathus elongatus* in Dianchi, Fuxian and Yangzonghai Lakes, Eastern Yunnan, China *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, **1**(1): 69-74.

Yang J X, 1991. The fishes of Fuxian Lake, Yunnan, China, with description of two new species *Ichthyol Explor. Freshwaters*, **2**(3): 193-202.

Webb P W, 1984. Form and function in fish swimming *Sci. Amer.*, **251**(1): 58-68.

THE BIOLOGICAL CHARACTERS OF FISHES OF FUXIAN LAKE, YUNNAN, WITH COMMENTS ON THEIR ADAPTATIONS TO THE LACUSTRINE ENVIRONMENTS

Yang Junxing

(*Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica* 650223)

Abstract

Based on the data obtained by monthly samplings from Fuxian Lake in the duration of one year (Nov. 1988 to Nov. 1989), the author has investigated into the biological characters of fishes of Fuxian Lake. From the viewpoint that organisms evolve along with their environments, the adaptative significance of these characters are further explained with reference to the geological history of Fuxian Lake. It is found that a series of common characters are shared by all or many species of fishes. These common characters can be further recognized as original or derived ones according to the principle of character analysis. The original characters suggest that the extant fishes of Fuxian Lake be originated from the ichthyofauna of rivers connected to the lake. The derived characters are supposed to be evolved from adaptations of the fishes to the deepening and oligotrophic development of the lake. According to the data in living spaces, the adults of all species can be divided into three types, they are: coastal dwellers, offshore mid-upper dwellers and offshore mid-lower dwellers. However, the larvae of all species live together in coastal zone of the lake. Differentiations in adults' living spaces should be a derived characters and represent their ad-

aptation to the deepening and oligotrophic development of the lake. The habits of larvae in living spaces should be an original characters and suggest that the ancestors of extant fishes be hill-stream dwellers. This differentiation in living spaces can be shown as Fig. 1. When comparing to their congeners, most fishes share a slower growth rate, a more slender body and a small body size (Table 1, 2, 3, 4, 5). The oligotrophic development of the lake must have lead food shortage to the fishes. It was the increasing food shortage that had caused the fishes to grow more slowly and to form a smaller body size. The fishes of the lake are characterized by having long spawning seasons and the existence of a regular interval between the spawning activities of any two breeding populations. These breeding habits can ensure that the limited spawning sites would be fully used and that the limited food resources would be effectively used by the larvae. Some species of fishes have relatively lower individual fecundities than their congeners. This is closely related to the oligotrophic development of the lake. Increasing food shortage can usually cause fishes to have lower individual fecundities. The sexual ratios of most species show great disparity and the females are usually dominant in a population (Table 6). It is those differentiations mentioned above that have resulted in the diverse extant fishes of Fuxian Lake.

Key words Fuxian Lake, Fishes, Biological characters, Adaptations